

(19) BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES

PATENTAMT

(12) Offenlegungsschrift

(10) DE 195 30 736 A 1

(51) Int. Cl. 8:

G 01 P 15/125

G 01 P 15/14

G 01 P 9/00

G 01 C 19/58

(30) Innere Priorität: (32) (33) (31)

10.02.95 DE 195041518

(71) Anmelder:

Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

(21) Aktenz. ichen: 195 30 736.4

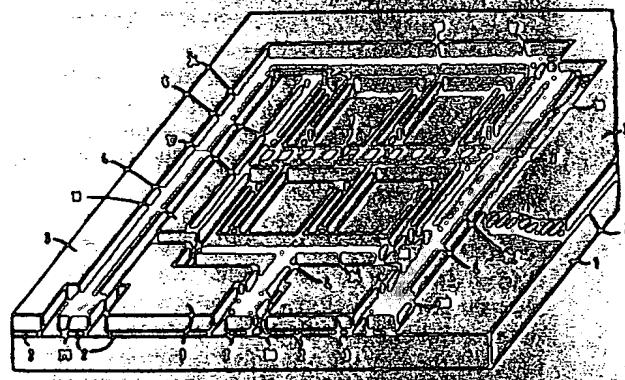
(22) Anmeldetag: 22. 8. 95

(23) Offenlegungstag: 14. 8. 96

DE 195 30 736 A 1

(54) Beschleunigungssensor und Verfahren zur Herstellung eines Beschleunigungssensors

(57) Es wird ein Beschleunigungssensor beschrieben, der aus einem Dreischichtsystem aufgebaut ist. Der Beschleunigungssensor und Leiterbahnen sind aus einer dritten Schicht hergestrukturiert. Die Leiterbahnen sind über Abstimmungen gegen weitere Bereiche der dritten Schicht und über eine zweite elektrisch isolierende Schicht gegen eine dritte Schicht elektrisch isoliert. Auf dieser Welle wird eine einfache elektrische Kontaktierung erreicht, die aus einem Dreischichtsystem hergestrukturiert ist.



DE 195 30 736 A 1

1
Beschreibung

Stand der Technik

Die Erfindung geht aus von einem Beschleunigungssensor nach der Gattung des Hauptanspruchs. In der nicht vorveröffentlichten Patentanmeldung DE 44 19 844 ist ein Beschleunigungssensor beschrieben, der aus drei Schichten aufgebaut ist. Die erste Schicht dient als Tragplatte, auf der eine zweite, isolierende Schicht aufgebracht ist. Auf der zweiten isolierenden Schicht ist eine dritte Schicht aufgebracht, aus der das bewegliche Element des Beschleunigungssensors herausstrukturiert ist. Elektrische Zuleitungen sind auf der Oberseite der dritten Schicht angeordnet. Der bewegliche Teil ist durch Isolationsgräben gegen andere Bereiche der dritten Schicht isoliert. Der Beschleunigungssensor ist aus Silizium heraus strukturiert.

Vorteile der Erfindung

Der erfindungsgemäße Beschleunigungssensor mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruch 1 hat dem gegenüber den Vorteil, daß der Beschleunigungssensor und die elektrischen Zuleitungen mit Hilfe eines Dreischichtensystems aufgebaut werden.

Dadurch ist das Herstellungsverfahren besonders einfach und der Beschleunigungssensor ist somit kostengünstig herzustellen. Zur Herstellung des Beschleunigungssensors sind in einem minimalen Verfahren nur zwei Maskenschritte notwendig. Das erfindungsgemäße Verfahren mit den Merkmalen des unabhängigen Anspruchs 8 hat dem gegenüber den Vorteil, daß mit Hilfe weniger Masken und somit weniger Verarbeitungsschritten ein Beschleunigungssensor herstellbar ist. Das Verfahren ist einfach und kostengünstig.

Durch die in den Unteransprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des im unabhängigen Anspruch 1 angegebenen Beschleunigungssensors und des im unabhängigen Anspruch 8 angegebenen Verfahrens zur Herstellung des Beschleunigungssensors möglich. Besonders vorteilhaft ist es, den Beschleunigungssensor aus einem Silicon-on-Isolator-Schichtsystem herauszustrukturieren. Auf diese Weise werden die Vorteile des Silicon-on-Isolator (SOI)-Schichtsystems für die Herstellung des Beschleunigungssensors ausgenutzt.

Eine vorteilhafte Ausbildung des Beschleunigungssensors besteht darin, als bewegliches Element eine Kammstruktur zu verwenden, die parallel zur Oberfläche der dritten Schicht auslenkbar ist. Auf diese Weise ist es möglich, eine Kraft zu detektieren, die parallel zur Oberfläche der dritten Schicht einwirkt. Eine vorteilhafte Ausbildung des Beschleunigungssensors besteht darin, eine Kammstruktur zu verwenden, die ein bewegliches Element mit ersten Platten und zwei feststehende Elementen mit zweiten Platten aufweist. Die ersten und zweiten Platten sind so angeordnet, daß bei einer Auslenkung des beweglichen Elementes ein Teil der ersten Platten von den zweiten Platten entfernt wird und ein zweiter Teil der ersten Platten näher an die zweiten Platten herangebracht wird. Die ersten und zweiten Platten bilden Kondensatoren und bei einer Auslenkung des beweglichen Elementes ändert sich der Abstand der Platten und somit die Kapazität der Kondensatoren. Auf diese Weise werden zwei verschiedene Meßsignale erzeugt, die ausgewertet werden und somit mit einer

höheren Genauigkeit die Auslenkung des beweglichen Elementes und damit die einwirkende Kraft oder Beschleunigung errechnet wird.

Die Leitfähigkeit der Leiterbahnen wird in vorteilhafter Weise dadurch verbessert, daß leitend Schichten in Form von Bondpads und Zuleitungen auf die Leiterbahnen aufgebracht werden.

Eine bevorzugte Anwendung des Beschleunigungssensors besteht darin, den Beschleunigungssensor auf einem Schwingssystem eines Drehratensensors aufzubauen und somit einen Drehratensensor entsprechend dem unabhängigen Anspruch 12 auszubilden. Dadurch wird die Herstellung des Drehratensensors vereinfacht, da das Schwingssystem und der Beschleunigungssensor aus einem Dreischichtensystem herausstrukturiert werden. Eine vorteilhafte Weiterbildung des Beschleunigungssensors, der auf einem Drehratensensor aufgebaut ist, besteht darin, die Leiterbahnen bis in den nahen Bereich des Drehratensensors zu führen, in dem das Schwingssystem auslenkbar aufgehängt ist.

Eine vorteilhafte Weiterbildung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, daß zuerst die Strukturierung der Leiterbahnen bzw. der Leiterbahnen und der Aufhängungen erfolgt und daß anschließend das bewegliche Element des Beschleunigungssensors, insbesondere eine Kammstruktur aus der dritten Schicht herausstrukturiert wird. Dadurch wird verhindert daß auf die Kammstruktur eine Abdeckeschicht aufgebracht werden muß, die anschließend nur schwer zu entfernen ist.

Eine Verbesserung des beschriebenen Verfahrens besteht darin, daß auf der ersten Schicht eine Passivierungsschicht aufgebracht wird. Zusätzlich ist es von Vorteil, die Passivierungsschicht im Bereich des Schwingssystems abzutragen und die erste Schicht bis auf eine vorgegebene Dicke abzuätzen.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 einen Beschleunigungssensor,

Fig. 2 einen Drehratensensor,

Fig. 3 ein erstes Verfahren,

Fig. 4 ein zweites Verfahren zur Herstellung eines Beschleunigungssensors bzw. eines Drehratensensors, und

Fig. 5 und 6 weitere Verfahren zur Herstellung von Drehratensensoren.

Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt einen Beschleunigungssensor 6, der aus einem Dreischichtsystem aufgebaut ist. In diesem Ausführungsbeispiel wird ein Silicon-on-Isolator (SOI)-Schichtsystem verwendet. Es sind jedoch auch andere Dreischichtsysteme denkbar, wobei die oberste Schicht strukturierbar und die mittlere Schicht strukturierbar und lateralfätzbar und isolierend sein muß.

Als Tragplatte wird eine erste Schicht 1 verwendet, die aus Silizium gebildet ist. Auf der ersten Schicht 1 ist eine zweite Schicht 2, die aus Siliziumoxid gebildet ist, aufgebracht. Die dritte Schicht besteht ebenfalls aus Silizium. In der Mitte der dritten Schicht 3 ist eine auslenkbare Masse 7 herausstrukturiert, die aus einem trichterförmigen Träger besteht, der an beiden Längsseiten jeweils drei Platten aufweist. Die Platten sind senkrecht zur Längsrichtung des Trägers angeordnet. Die auslenkbare

Masse 7 ist an jedem Ende über jeweils einen Biegesteg 17 mit einer Halterung 18 in Längsrichtung des Trägers auslenkbar verbunden. Die Halterungen 18 sind über die zweite Schicht 2 mit der ersten Schicht 1 fest verbunden. Unter der auslenkbaren Masse 7 und den Biegestegen 17 ist die zweite Schicht 2 entfernt. Dies erfolgt bei SiO_2 mittels Ätzverfahren. Diese Ausgestaltung der auslenkbaren Masse entspricht der DE 44 19 844.

Parallel zum Träger der auslenkbaren Masse 7 ist jeweils ein langer Haltebalken 19 aus der dritten Schicht 3 herausstrukturiert, der drei Platten aufweist, die senkrecht in Richtung auf den Träger der auslenkbaren Masse 7 ausgerichtet sind. Die Haltebalken 19 sind über die zweite Schicht 2 fest mit der ersten Schicht 1 verbunden. Die Platten eines Haltebalkens 19 sind jeweils auf der rechten Seite der Platten der auslenkbaren Masse 7 angeordnet. Die Platten des anderen Haltebalkens 19 sind jeweils auf der linken Seite der Platten der auslenkbaren Masse 7 angeordnet. Wird nun die auslenkbare Masse 7 ausgelenkt, so verkleinern sich die Abstände zwischen den Platten, die auf einer Seite der auslenkbaren Masse 7 angeordnet sind, und den Platten eines Haltebalkens und zugleich vergrößern sich die Abstände zwischen Platten, die auf der anderen Seite der auslenkbaren Masse 7 angeordnet sind, und den Platten des zweiten Haltebalkens. Von den beiden Haltebalken 19 ist jeweils eine Leiterbahn 4 zu einer gemeinsamen Kante des Beschleunigungssensors herausgeführt. Die Leiterbahnen 4 sind aus der dritten Schicht 3 heraus strukturiert und über die zweite Schicht 2 gegen die erste Schicht 1 elektrisch isoliert. Die Leiterbahnen 4 sind über Ausnehmungen gegen andere Bereiche der dritten Schicht 3 elektrisch isoliert. Ebenso ist eine Leiterbahn 4 von der auslenkbaren Masse 7 zu einer Kante des Beschleunigungssensors herausgeführt, die aus der dritten Schicht 3 herausstrukturiert ist und über die zweite Schicht 2 gegen die erste Schicht 1 elektrisch isoliert ist und über Ausnehmungen 10 gegen andere Bereich der dritten Schicht 3 ebenfalls elektrisch isoliert ist. Durch Ausbildung der Ausnehmungen 10 und Verwendung der zweiten Schicht 2 als Isolierschicht, ist es möglich, in der dritten Schicht 3 Leiterbahnen 4 auszubilden, die zur Kontaktierung des Beschleunigungssensors verwendet werden.

Eine weitere Verbesserung der Leitfähigkeit der Leiterbahnen 4 wird dadurch erreicht, daß auf die Leiterbahnen 4 eine leitende Schicht 24 aufgebracht wird. Als leitende Schicht wird z. B. ein Metall wie Aluminium verwendet. Dadurch, daß bei Auslenkung der auslenkbaren Masse 7 die Abstände von Platten der auslenkbaren Masse 7 zu Platten eines Haltebalkens verkleinert und zu Platten des anderen Haltebalkens vergrößert werden, werden zwei Meßsignale erhalten. Die zwei Meßsignale werden ausgewertet und aufgrund der Änderung der Kapazitäten zwischen den Platten der auslenkbaren Masse 7 und den Platten der Haltebalken 19 wird die Auslenkung der auslenkbaren Masse 7 und somit die einwirkende Kraft errechnet. Die Leiterbahnen 4 werden zu Anschlußpunkten 20 geführt. An den Anschlußpunkten 20 werden die Meßsignale des Beschleunigungssensors abgegriffen.

Aus der DE 44 19 844 ist ein Beschleunigungssensor bekannt, bei dem jede bewegliche Platte zwischen zwei feststehenden Platten angeordnet ist. Derartige Sensoren lassen sich nur realisieren, wenn Leiterbahnüberkreuzungen möglich sind. Derartige Leiterbahnüberkreuzungen sind mit einem großen Aufwand bei der Herstellung der Sensoren verbunden. Bei dem vorlie-

genden Sensor werden solche Leiterbahnüberkreuzungen benötigt, da jeder beweglichen Platte, die an der auslenkbaren Masse 7 aufgehängt ist, nur eine feststehende Platte zugeordnet ist. Die Isolation der einzelnen Bereiche gegeneinander erfolgt ausschließlich durch das Einätzen von Gräben in der oberen Schicht 3. Die Isolation gegenüber der unteren Schicht 1 ist durch die di-elektrische Zwischenschicht 2 gewährleistet. Derartige Sensoren lassen sich besonders einfach herstellen.

Fig. 2 zeigt einen Drehratensensor, der einen Rahmen 8 aufweist, in dem über Stege 9 eine Schwingmasse 5 schwingbar angeordnet ist. Die Schwingmasse 5 wird über Antriebsmittel 21 zu einer linearen Schwingung angeregt. Als Antriebsmittel werden elektromagnetische oder piezoelektrische Antriebe verwendet. Geeignete Antriebsmittel sind beispielsweise aus der EP 53 93 93 bekannt. Auf der Schwingmasse 5 ist ein Beschleunigungssensor 6 entsprechend der Fig. 1 aufgebracht. Der Beschleunigungssensor 6 ist in der Nachweisrichtung senkrecht zur Schwingrichtung der Schwingmasse 5 angeordnet. Die Leiterbahnen 4, die von den Haltebalken und der auslenkbaren Masse 7 ausgehen, werden über die Stege 9 zum Rahmen 8 geführt. Der Sensor ist entsprechend dem Beschleunigungssensor aus einer ersten, einer zweiten und einer dritten Schicht aufgebaut. Die Leiterbahnen 4 sind aus der dritten Schicht 3 herausstrukturiert. Die Leiterbahnen 4 sind im Rahmen 8 durch Ausnehmungen 10 von der dritten Schicht 3 des Rahmens 8 elektrisch isoliert. Zudem sind die Leiterbahnen 4 über die zweite Schicht 2 des Rahmens 8 von der ersten Schicht 1 des Rahmens 8 elektrisch isoliert. Die Darstellung des Beschleunigungssensors ist hier nur schematisch dargestellt, da der Schichtaufbau bereits in Fig. 1 des Beschleunigungssensors ausführlich erläutert wurde.

Die Stege 9 sind sowohl aus der oberen Schicht 3, wie auch aus der unteren Schicht 1 herausstrukturiert. Dies wird in den nachfolgenden Fig. 3 und 4 noch klarer erläutert. Die auf dem Rand 8 angeordneten Leiterbahnen 4 gehen unmittelbar in die Stege 9 über, so daß über die Stege 9 eine elektrische Kontaktierung des auf der Schwingmasse 5 angeordneten Beschleunigungssensors erreicht wird. Auf der Schwingmasse 5 sind in dem Bereich, in dem die Stege 9 münden, ebenfalls Isolationsgräben 10 in der oberen Schicht 3 vorgesehen, so daß auch hier eine elektrische Isolation der Signale sichergestellt wird, die über die Stege 9 auf oder von der Schwingmasse 5 geleitet werden.

Auf diese Weise ist es möglich, einen Drehratensensor auszubilden, ohne eine aufwendige elektrische Kontaktierung des Beschleunigungssensors vornehmen zu müssen. Dadurch, daß die Leiterbahnen 4 bis in den Rahmen 8 elektrisch isoliert herausgeführt sind, kann eine einfache elektrische Kontaktierung der Leiterbahnen 4 im Rahmen 8 erfolgen. Ein weiterer Vorteil besteht darin, daß der Drehratensensor in einem Verfahren mit dem Beschleunigungssensor aus einem Dreischichtsystem, vorzugsweise einer Silicon-on-Isolat r-Schicht, herausstrukturiert wird.

Fig. 3 zeigt Schritte eines Verfahrens zur Herstellung eines Beschleunigungssensors bzw. eines Drehratensensors. In Fig. 3.1 ist ein Dreischichtsystem, bestehend aus einer ersten Schicht 1, auf der eine zweite Schicht 2 aufgebracht ist, dargestellt. Auf der zweiten Schicht 2 ist eine dritte Schicht 3 angeordnet. Das Dreischichtsystem 1 besteh aus Silizium, die zweite Schicht besteht aus Siliziumdioxid und die dritte Schicht besteht wiederum aus Silizium. Es können jedoch auch andere Schichten

systeme verwendet werden, die selektiv abgetragen werden können wie z. B. SiO_2 , Si_3N_4 , Al_2O_3 Polyimid, Teflon und Si-Karbid. Als Ausgangsmaterial wird z. B. ein Silicon-on-Isolator (SOI)-Wafer verwendet, wobei die dritte Schicht 3 aus p++ oder n++ dotiertem Silizium besteht und eine Dicke von ca. 15 μm aufweist. Die zweite Schicht 2 besteht aus Siliziumoxid und weist eine Dicke im μm -Bereich auf. Die erste Schicht 1 wird von einem Siliziumwafer dargestellt. Ebenso können auch Epi-Poly-Wafer verwendet werden, deren Herstellung und Verwendung für Sensoren bereits in der DE 43 18 466 beschrieben ist. Für die dritte Schicht 3 wird eine stark p- oder n-dotierte Siliziumschicht verwendet, die auf einer einige μm dicken Siliziumoxid-schicht als zweite Schicht 2 aufgebracht ist. Die Epi-Poly-siliziumschicht ist ungefähr 12 μm dick.

Auf den SOI-Wafer oder Epi-Poly-Wafer wird auf die Rückseite, d. h. auf der ersten Schicht 1 eine erste Abdeckschicht 11 in Form von Siliziumoxid und eine zweite Abdeckschicht 12 in Form von Plasmanitrid aufgebracht. Anschließend wird auf die dritte Schicht 3 in den Bereichen der Leiterbahnen Aluminium aufgedampft bzw. aufgesputtert. Das aufgebrachte Aluminium wird mit Hilfe fotolithographischer Schritte und Ätzverfahren in der Form der Leiterbahnen 4 als leitende Schicht 24 strukturiert.

Anschließend wird auf die zweite Abdeckschicht 12 ein Fotolack aufgebracht, der in einem vorgegebenen Bereich, in dem die Schwingmasse 5 aufgebaut wird, entfernt wird. Daraufhin werden die zweite und erste Abdeckschicht 12, 11 im Bereich der Schwingmasse abätz. Dies ist in Fig. 3.2 dargestellt.

Daraufhin wird auf die dritte Schicht 3 Fotolack 30 aufgebracht und entsprechend einer Kammstruktur eines Beschleunigungssensors strukturiert. Anschließend wird in die dritte Schicht 3 die Kammstruktur des Beschleunigungssensors eingeätzt. Dabei wird ein anisotropes Siliziumätzverfahren verwendet, das in der Patentschrift DE 42 41 045 beschrieben ist. Auf diese Weise werden Kammstrukturen erzeugt, die ein großes Aspektverhältnis aufweisen. Daraufhin wird die erste Schicht 1 mittels KOH-Ätzverfahren auf eine Restdicke von ungefähr 100 μm abgeätzt. Dies ist in Fig. 3.3 dargestellt.

Daraufhin wird die zweite Schicht 2, die aus Silizium-oxid gebildet ist und unter der Kammstruktur 13 des Beschleunigungssensors als Opferoxid verwendet wird, geätzt. Auf diese Weise wird eine Kammstruktur 13 erhalten, die auslenkbar auf der zweiten Schicht 2 befestigt ist. Diese Kammstrukturen repräsentieren den Beschleunigungssensor nach der Fig. 1. In der Fig. 3 ist jedoch die eigentliche Struktur des Beschleunigungssensors nur angedeutet, um die Übersichtlichkeit der Darstellung zu erleichtern. Für die weitere Bearbeitung wird die zweite Schicht 2 unterhalb der Kammstrukturen 13 entfernt. Es werden so bewegliche Strukturen geschaffen, die für den Beschleunigungssensor geeignet sind. Aufgrund der großen lateralen Abmessungen wird jedoch die zweite Schicht 2 nicht unterhalb von anderen Bereichen der oberen Schicht 3 entfernt. In einem weiteren Schritt wird dann die Fotolackschicht 30 entfernt und eine neue Fotolackschicht 30 aufgebracht und strukturiert. Die Struktur in dieser neuen Fotolackschicht wird dazu genutzt, Gräben einzutzen, die sowohl durch die obere Schicht 3, die zweite Schicht 2 und die erste Schicht 1 hindurchreichen. Diese eingeätzten Gräben können somit genutzt werden, um Stege 9 und eine Schwingmasse 5 aus dem mehrschichtigen Substrat

herauszuätzen. Dies wird in der Fig. 3.4 dargestellt. Durch die eingebrachten Gräben 10 werden die Abmessungen der Schwingmasse 5 definiert. Auf der Schwingmasse 5 sind die Kammstrukturen 13 des Beschleunigungssensors aufgebracht. Weiterhin ist ein Steg 9 gezeigt, dessen geometrischen Abmessungen ebenfalls durch die Gräben 10 definiert sind. Das Einätzen der Gräben 10 erfolgt in einem mehrstufigen Prozeß. Zunächst wird beispielsweise in einem Fluorplasma die obere Schicht 3 strukturiert. In einem weiteren Ätzschritt, beispielsweise in einem chlorhaltigen Plasma wird die zweite Schicht 2 strukturiert. In einem weiteren Ätzschritt erfolgt, beispielsweise wiederum in einem Fluorplasma, die Strukturierung der ersten Schicht 1. Anschließend wird die Fotolacksicht, die als Ätzmaske für diesen Prozeß dient, wieder entfernt.

In der Fig. 3.4 wird eine vereinfachte Darstellung gezeigt, die keinen Querschnitt durch einen realen Drehratensensor darstellt. Da jedoch alle Elemente eines Drehratensensors nach der Fig. 2 gezeigt werden, wie Stege 9, ein Schwingelement 5, Kammstrukturen für einen Beschleunigungssensor 13, ist offensichtlich, daß sich mit der dargestellten Abfolge von Prozeßschritten Drehratensensoren nach der Fig. 2 herstellen lassen. Im Randbereich sind Leiterbahnen 4 dargestellt, die nur aus der oberen Siliziumschicht 3 herausstrukturiert sind. Diese können beispielsweise im gleichen Prozeßschritt wie die Kammstrukturen 13 hergestellt werden. Es muß dann jedoch durch große laterale Abmessungen der Leiterbahnen 4 sichergestellt werden, daß keine Unterzung der unterhalb der Leiterbahnen 4 gelegenen zweiten Schicht 2 erfolgt. Alternativ ist es auch möglich, nach der Erzeugung der Kammstrukturen 13 eine weitere Fotolackschicht aufzubringen und zu strukturieren, die dann ausschließlich für die Erzeugung der Leiterbahnstrukturen 4 genutzt wird. Dies vergrößert jedoch den Aufwand zur Herstellung der Sensoren. Die zur Fig. 3.3 beschriebene Rückseitenätzung der Schicht 1 dient dazu, im Bereich des Schwingers 5 bzw. der Steige 9 eine Abdünnung der unteren Siliziumschicht 1 zu erreichen. Durch diese Maßnahme wird die Ätzzeit, die zur vollständigen Durchätzung der Gräben 10 durch die Schicht 1 benötigt wird, verringert.

Fig. 3.5 zeigt einen Querschnitt A-A durch den Rahmen 8 im Bereich der Anschlüsse 20. Dabei ist deutlich die elektrische Isolation der Anschlüsse 20 über die Ausnehmungen 10 von der dritten Schicht 3 des Rahmens 8 zu erkennen.

Anhand der Fig. 3.6 wird eine Herstellungsvariante zur Herstellung eines Beschleunigungssensors erläutert. Dabei entfallen alle Strukturierungsschritte der Schicht 1. Ausgehend von dem Aufbau nach Fig. 3.2 wird, wie bereits zur Fig. 3.3 beschrieben, eine Fotolackschicht 30 auf der Oberfläche aufgebracht und durch eine Fotomasse strukturiert. Es erfolgt dann ein Ätzschritt, beispielsweise durch einen Fluorplasmaätzprozeß mit dem Gräben 10 in die obere Siliziumschicht 3 eingebracht werden. Diese Gräben reichen bis zur zweiten Schicht 2. In einem nachfolgenden Ätzschritt wird die aus Siliziumoxid bestehende zweite Schicht 2 geätzt. Dies kann beispielsweise in einer wäßrigen Flußsäurelösung oder in einem flußsäurehaltigen Gas erfolgen. Durch diesen Ätzschritt wird die zweite Schicht unterhalb der feinen eingeätzten Grabenstrukturen für die Kammstrukturen 13 vollständig entfernt. Die Strukturen für die Leiterbahnen 4, die eine vergleichsweise große laterale Ausdehnung aufweisen, bleiben jedoch durch die Schicht 2 mechanisch fest mit der ersten Schicht 1 verbunden. Da-

bei diesem Ätzschritt die Fotomaske auf der Oberfläche verbleiben kann, sind beispielsweise auch die Metallisierungsstrukturen 28 vor dem Angriff des Ätzmediums geschützt, so daß diese auch aus Aluminium bestehen können. Dieser Prozeß zur Herstellung von Beschleunigungssensoren zeichnet sich vor allem durch die wenigen verwendeten Prozeßschritte aus. Es können sehr kostengünstig Beschleunigungssensoren hergestellt werden.

Fig. 4 zeigt ein weiteres Verfahren zur Herstellung eines Beschleunigungssensors bzw. eines Drehratensensors. Dabei wird ein Dreischichtsystem verwendet, das aus einer ersten Schicht 1, einer zweiten Schicht 2 und einer dritten Schicht 3 besteht. Die erste Schicht 1 besteht aus Silizium, die zweite Schicht 2 aus Siliziumoxid und die dritte Schicht 3 aus stark p- oder n-dotiertem Silizium. Das beschriebene Dreischichtsystem stellt eine Silizium auf Isolator-Struktur dar. Auf die dritte Schicht 3 werden vorzugsweise in den Bereichen der Leiterbahnen 4 Metalleiterbahnen 24 aufgebracht. Dies erfolgt durch Sputtern bzw. Aufdampfen und abschließendem Strukturieren. Anschließend wird auf die Metalleiterbahnen 24 und die dritte Schicht 3 eine dritte Abdeckschicht 14 aus Siliziumoxid aufgebracht. Auf die erste Schicht 1 wird eine erste Abdeckschicht 11 und eine zweite Abdeckschicht 12 aufgebracht. Die erste Abdeckschicht 11 besteht aus Siliziumoxid und die zweite Abdeckschicht 12 besteht aus Plasmanitrid. Anschließend wird die dritte Abdeckschicht 14 entsprechend der Kammstruktur 13 des Beschleunigungssensors, der Form der Leiterbahnen 4 und der Siege 9 strukturiert. Auf die strukturierte dritte Abdeckschicht 14 wird eine vierte Abdeckschicht 16 in Form eines Fololoches aufgebracht. Die vierte Abdeckschicht 16 wird in der Form der Siege 9 entfernt. Dies ist in Fig. 4.3 dargestellt. Daraufhin wird die erste Schicht 1 innerhalb des Rähmens 8 auf eine vorgegebene Dicke von 100 µm abätzelt und mit einer Passivierungsschicht 17 abgedeckt. Dies ist in Fig. 4.4 dargestellt. Anschließend werden in einem Ätzprozeß Gräben eingebracht. Da für diese Gräben die strukturierte vierte Abdeckschicht 16 als Ätzmaske dient, wird zunächst nur die geometrische Form der Siege 9 eingedätzt. Diese Gräben werden solange eingedätzt, bis die Schicht 3 und 2 vollständig abgetragen sind und ein Teil der Schicht 1 ebenfalls durchsetzt ist. Die Eindätzung wird solange in die Schicht 1 eingetrieben, bis die verbleibende Restdicke in etwa der Dicke der Schicht 3 entspricht. Dies ist in der Fig. 4.5 dargestellt. Anschließend wird die vierte Abdeckschicht 16 entfernt und der Ätzprozeß wird fortgesetzt. Diesmal wirkt die strukturierte dritte Abdeckschicht 14 als Ätzmaske, die die Strukturen für die Siege 9, Kammstrukturen 13 und Leiterbahnen 4 enthält. Dabei wird ein Ätzprozeß verwendet, der nur die Siliziummaterialien der Schichten 3 und 1 ätzt, jedoch nicht die Schicht 2 oder 17. Die Ätzung wird dann solange fortgesetzt, bis die Gräben für die Siege 9, die Passivierungsschicht 17 und die Gräben für die Kammstrukturen 13 bzw. die Leiterbahnen 4, die zweite Schicht 2 erreichen. Anschließend wird die zweite Schicht 2 unter der Kammstruktur 13 abätzelt. Dabei werden gleichzeitig aus der zweiten Schicht 2 die Siege 9 herausgedätzt. Die Siege 9 sind jedoch so breit ausgebildet, daß die Siege 9 fest über eine zweite Schicht 2 mit der ersten Schicht 1 verbunden sind. Anschließend wird die Passivierungsschicht 17 abgetragen. Auf diese Weise wird ein Drehratensor entsprechend der Fig. 2 erhalten. Dies ist schematisch in Fig. 4.7 dargestellt. Soll nach dem beschriebenen Ver-

fahren ein Beschleunigungs-Sensor hergestellt werden, so entfällt die Herausstrukturierung der Stege 9 und die gesamte Bearbeitung der ersten Schicht 1. Ansonsten wird entsprechend den beschriebenen Verfahren der Fig. 4 vorgegangen.

In der Fig. 5 wird ein weiteres Herstellungsverfahren für einen Drehratenensor beschrieben. Dieses Verfahren geht aus von einem Siliziumsubstrat 1, auf dem eine Ätzbare Schicht 2, beispielsweise Siliziumoxid aufgebracht wird. Fakultativ kann auf der Schicht 2 noch eine Polysiliziumstartschicht 40 aufgebracht werden. Es erfolgt dann eine Strukturierung dieser zweiten Schicht 2 und der, sggf. darauf aufgesetzten, Polysiliziumstartschicht 40. Durch Abscheiden wird konkav die 15 Siliziumschicht 3 erzeugt. Diese Verringerung kann ebenso wie in der DIN IEC 13-100 beschrieben, mit einem Epoxidiereraktor hergestellt werden. In dem Bereichen, in denen die Schichten unmittelbar unmittelbar auf dem Siliziumsubstrat 1 aufliegen können, wirkt die 20 Siliziumschicht 3 als einkristalline Siliziumschicht auf. In den anderen Bereichen wirkt die Polysiliziumstartschicht 40 als Startschicht für das Aufwachsen einer polykristallinen Siliziumschicht. Der so geschaffene Schichtaufbau wird in der Fig. 5.2 gezeigt. Durch Aufbringen von Ätzmaskierungen und Ätzschritten werden dann Grabenstrukturen in die obere Siliziumschicht 3 und die Polysiliziumstartschicht eingebrochen, die bis zur zweiten Schicht 2 reichen. Diese bilden zusammen wieder Kammstrukturen 13 für einen Schwingkreis um den Sensor. 25 Weiterhin wird ausgehend von den Kammstrukturen 13 die Abnahme einzelner Ätzschritte vorgenommen, um die Höhe der Schicht 1 zu verringern. Die so entstehenden Strukturen sind in der Fig. 5.3 dargestellt. In der Fig. 5.3 ist ebenfalls wie Grabenstrukturen 10 eingezeichnet werden. Allerdings 30 die obere Schicht 3, die Polysiliziumschicht 40, die zweite Schicht 2 und die erste Schicht 1 liegen. 13 wird so ein Schwinger 5 und ein Steg 9 gebildet. Auf diesem Ätzprozeß wird ein Ätzprozeß verwendet, der im wesentlichen nur Silizium ätzt. Es wird somit die obere Schicht 3 und die untere Schicht 1 gefüllt. Da die Maskierung für diese Grabenstrukturen 10 so ist, daß sie über den bereits erholten Steg 9 liegen, werden 35 Schicht 2 liegen, kann nicht abgetragen werden. Es muß deshalb das gesamte Substrat 1 abgetragen werden, jedoch nur die Schicht 3 von der Ätzung. 40 Die erneuten Abmessungen in der Schicht 2 und 1 bestimmen von den bereits in der Schicht 2 verbleibenden Strukturen in der Schicht 2 zu bestimmen. Dies ist durch geometrische Abmessungen 45 bestimmt. 45

50 Gruben 10 entstehen, wenn die Abmessungen in der Schicht 2 der Schicht 1 entsprechen. 55 Genaue Abmessungen der Schicht 2 bestimmen die Abmessungen in der Schicht 2, die ebenfalls 60 bestimmt werden. 65

65) ... und der unteren Schicht ist
... die obere Schicht, auf der die untere Schicht
... liegt, werden die
... Fasern, welche die obere Schicht, aus
... einer anderen Richtung verlaufen, verschiedens

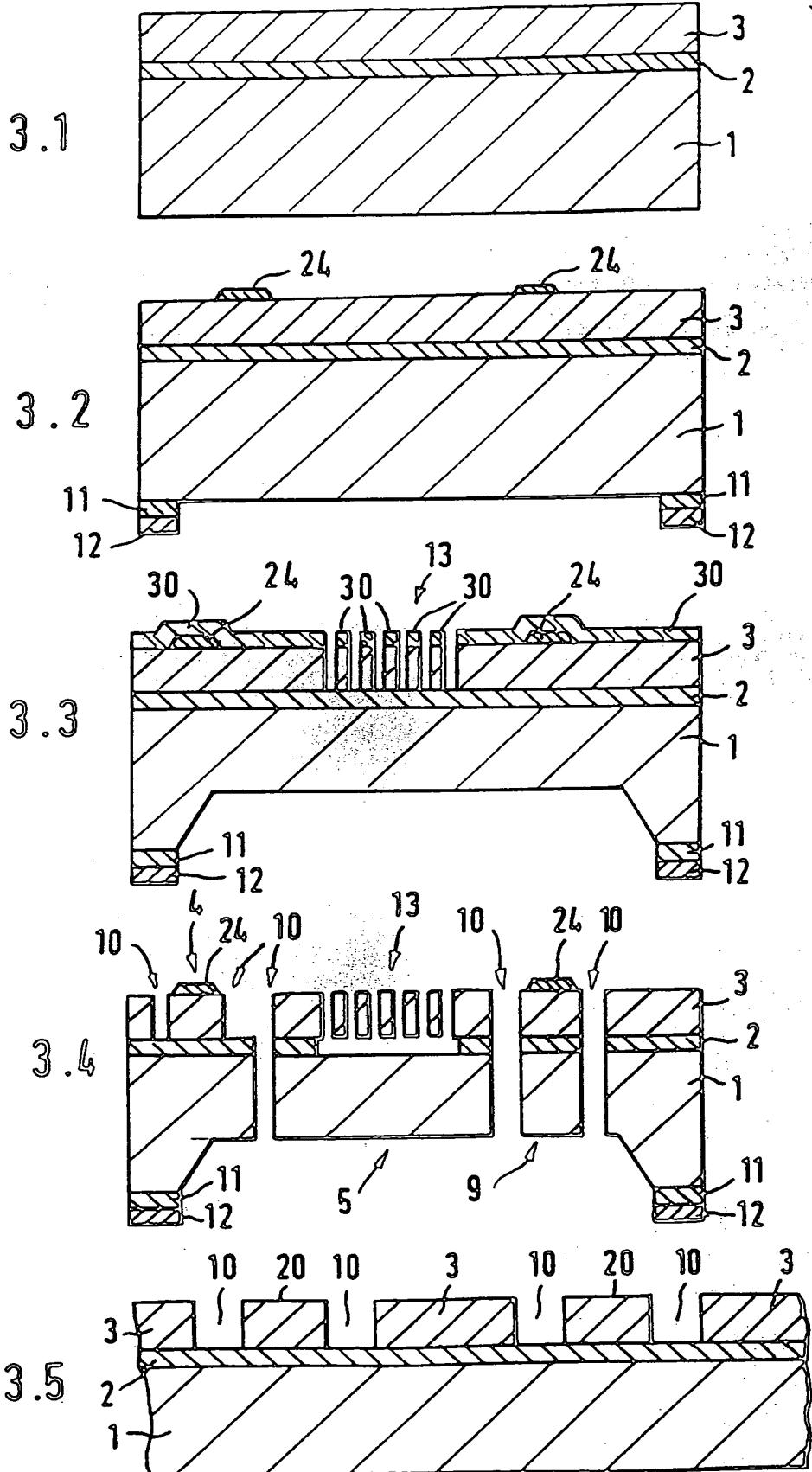


FIG. 3

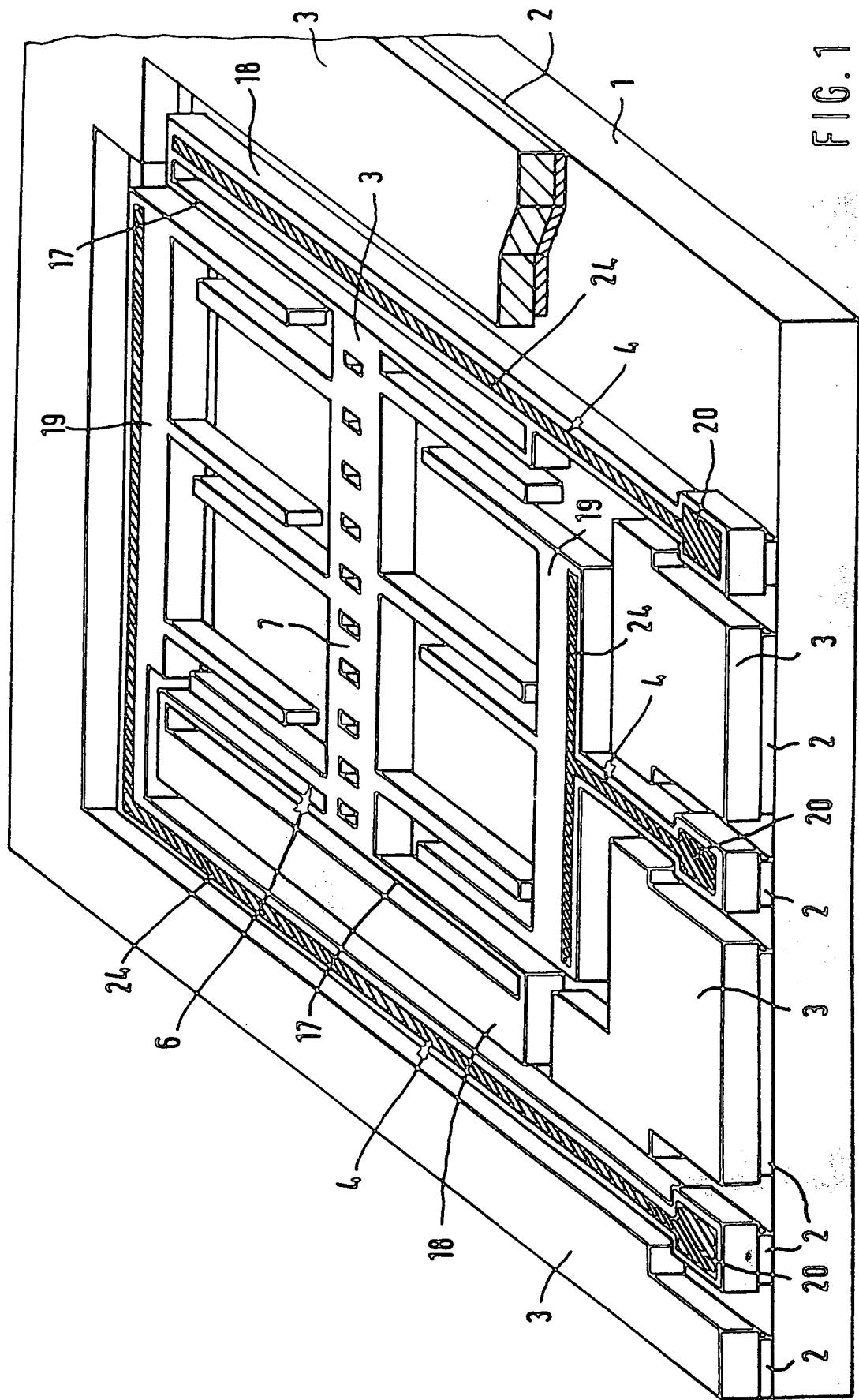


FIG. 1

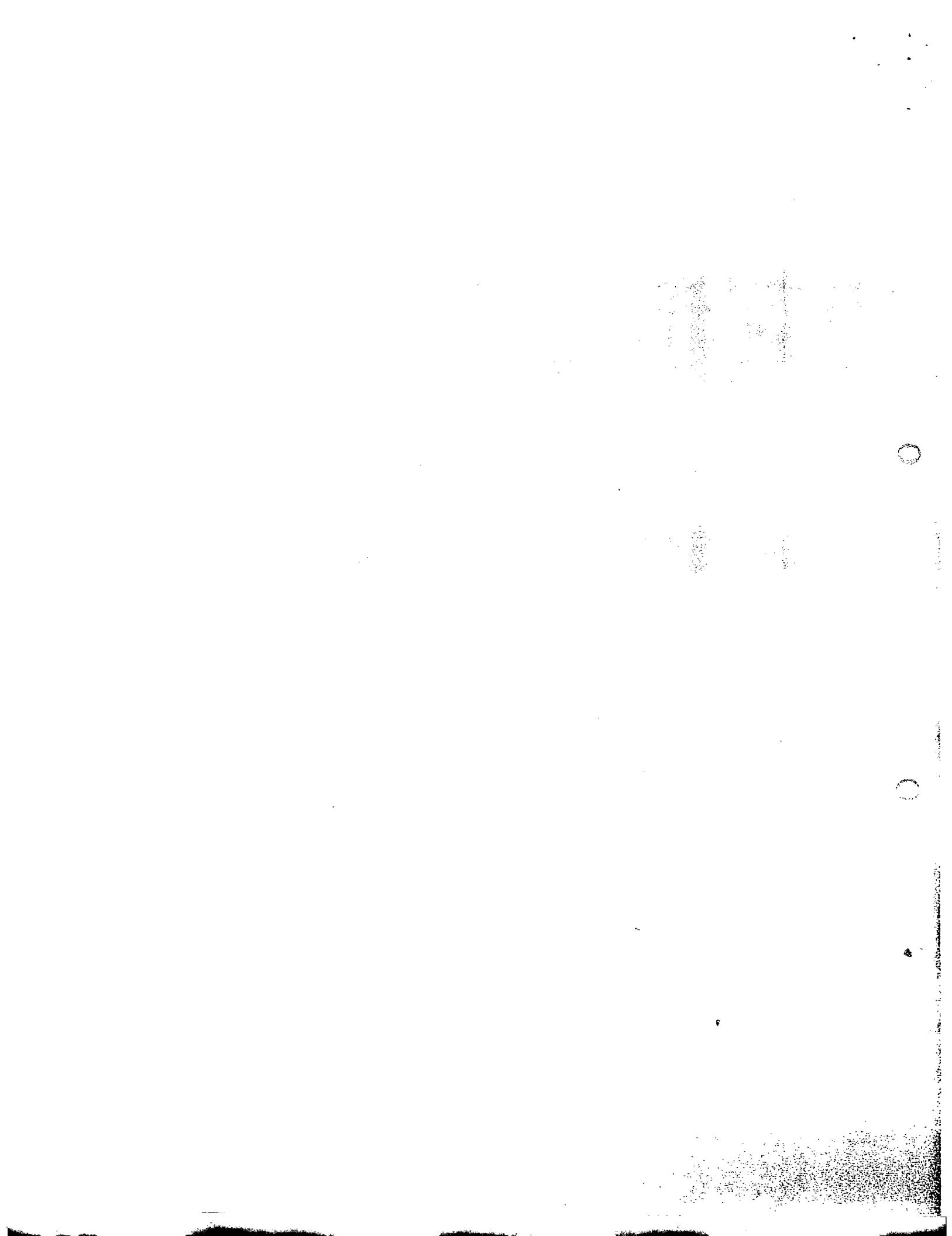
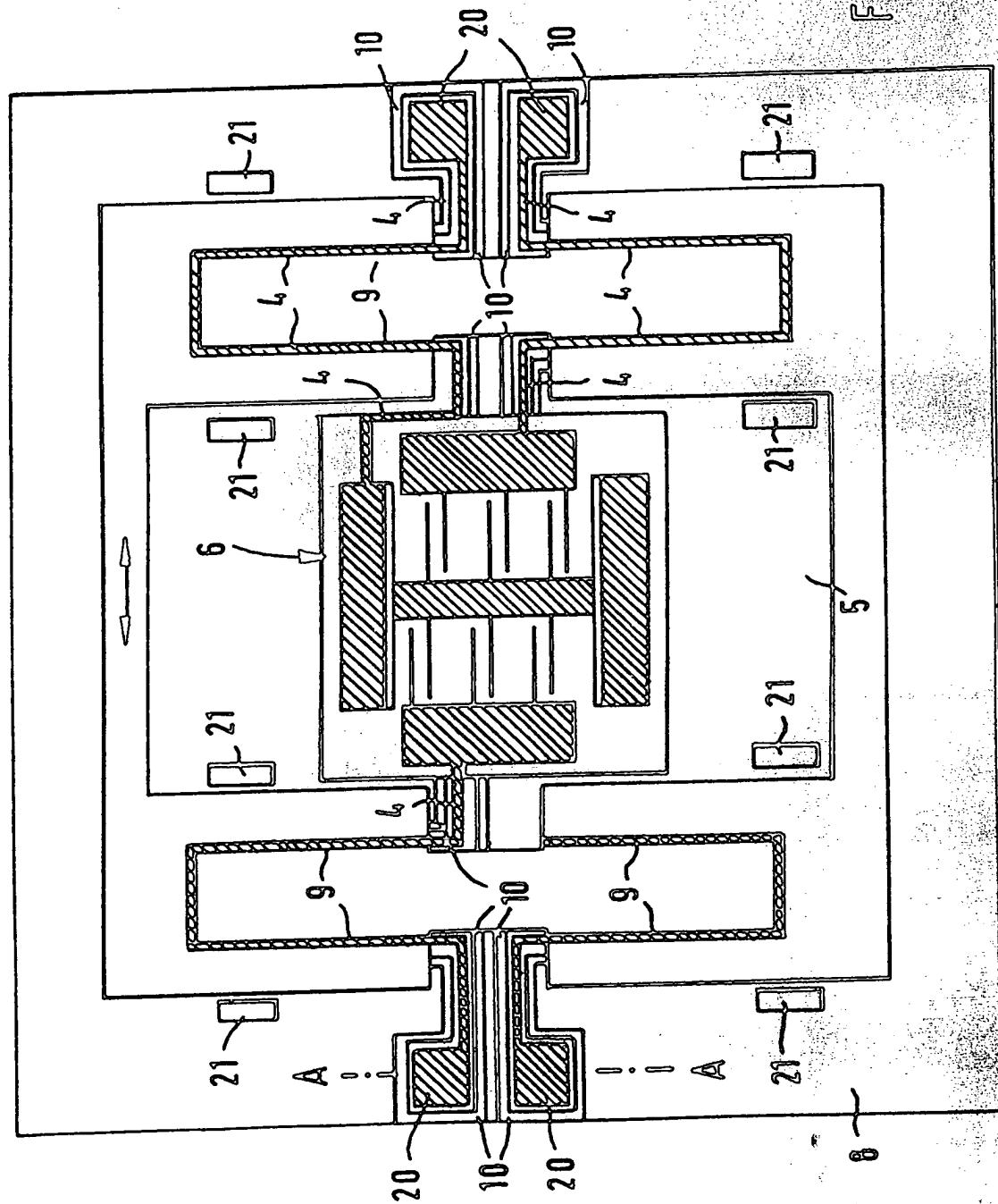
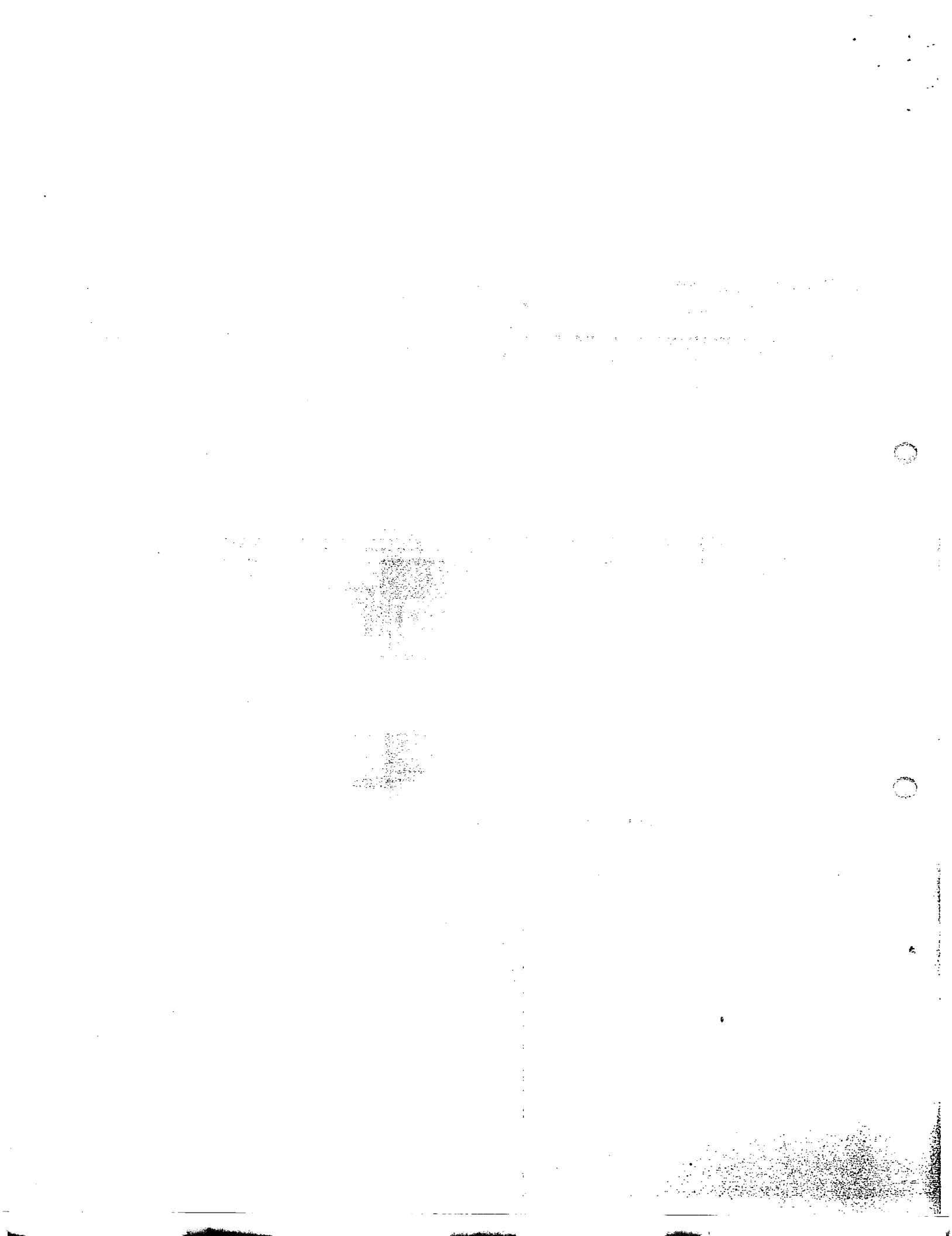
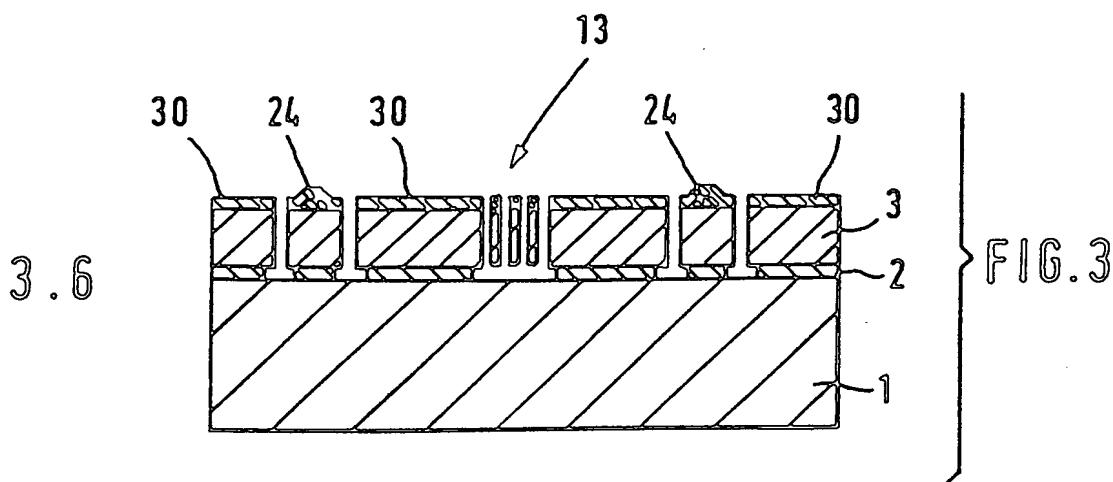
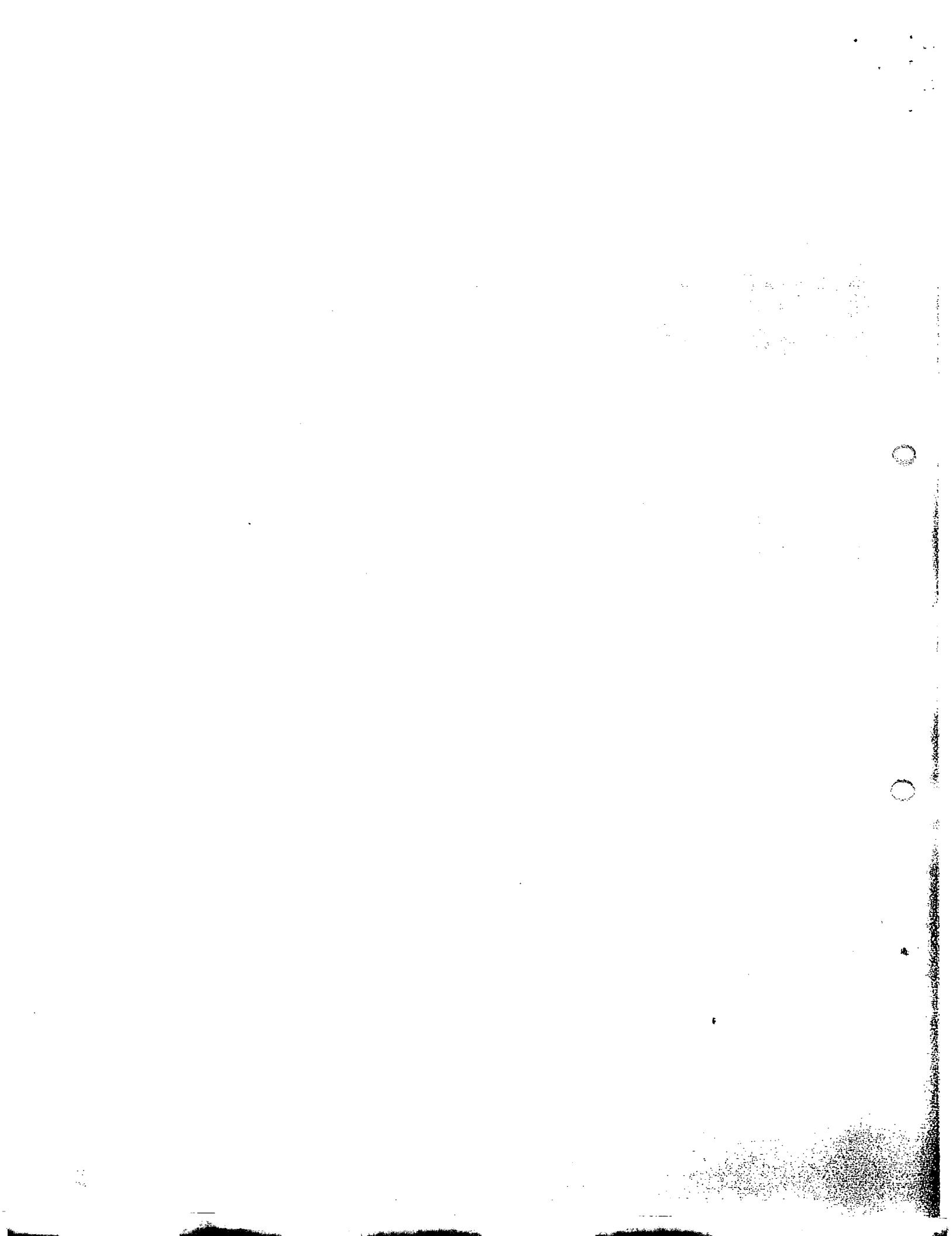


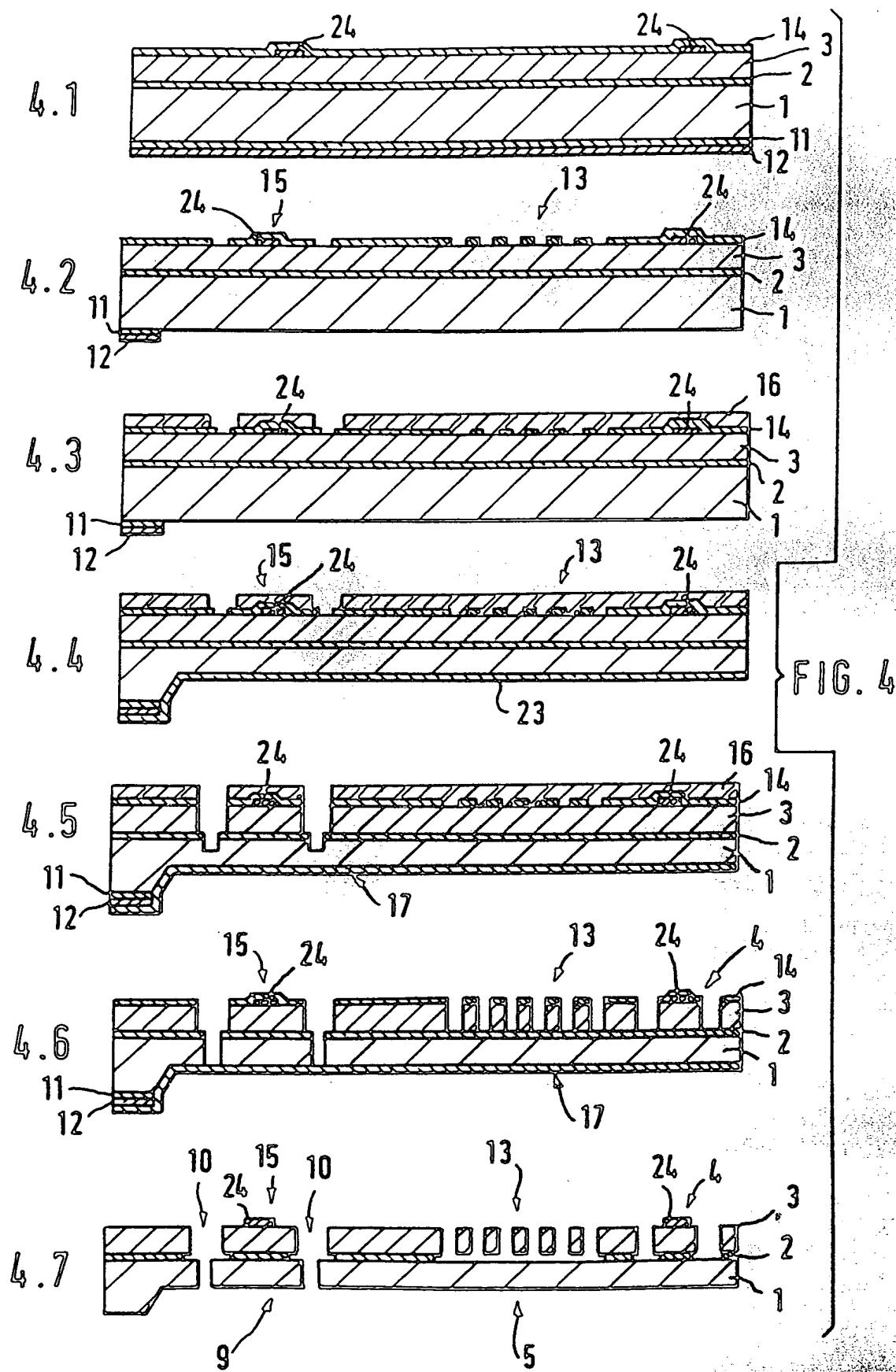
FIG. 2

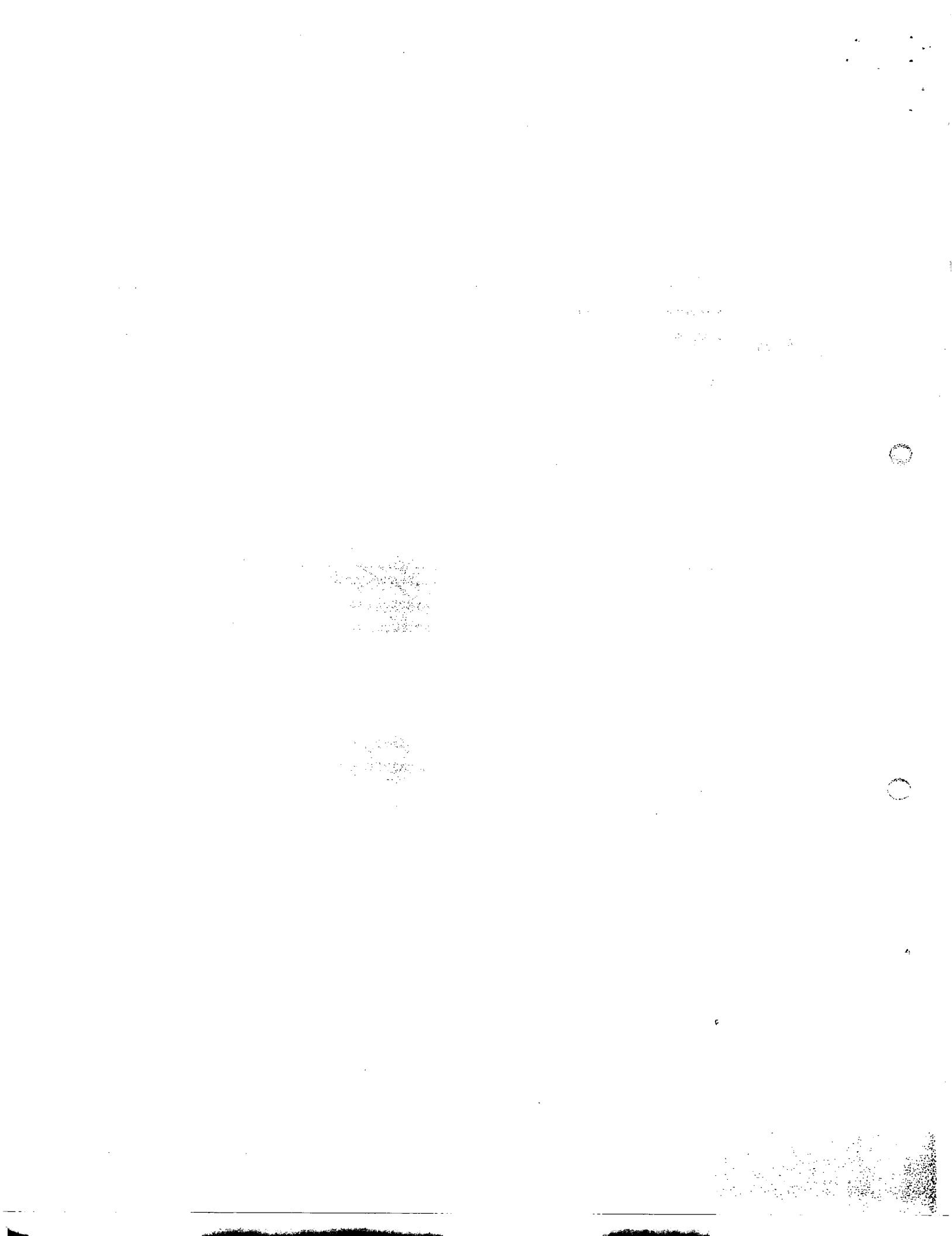


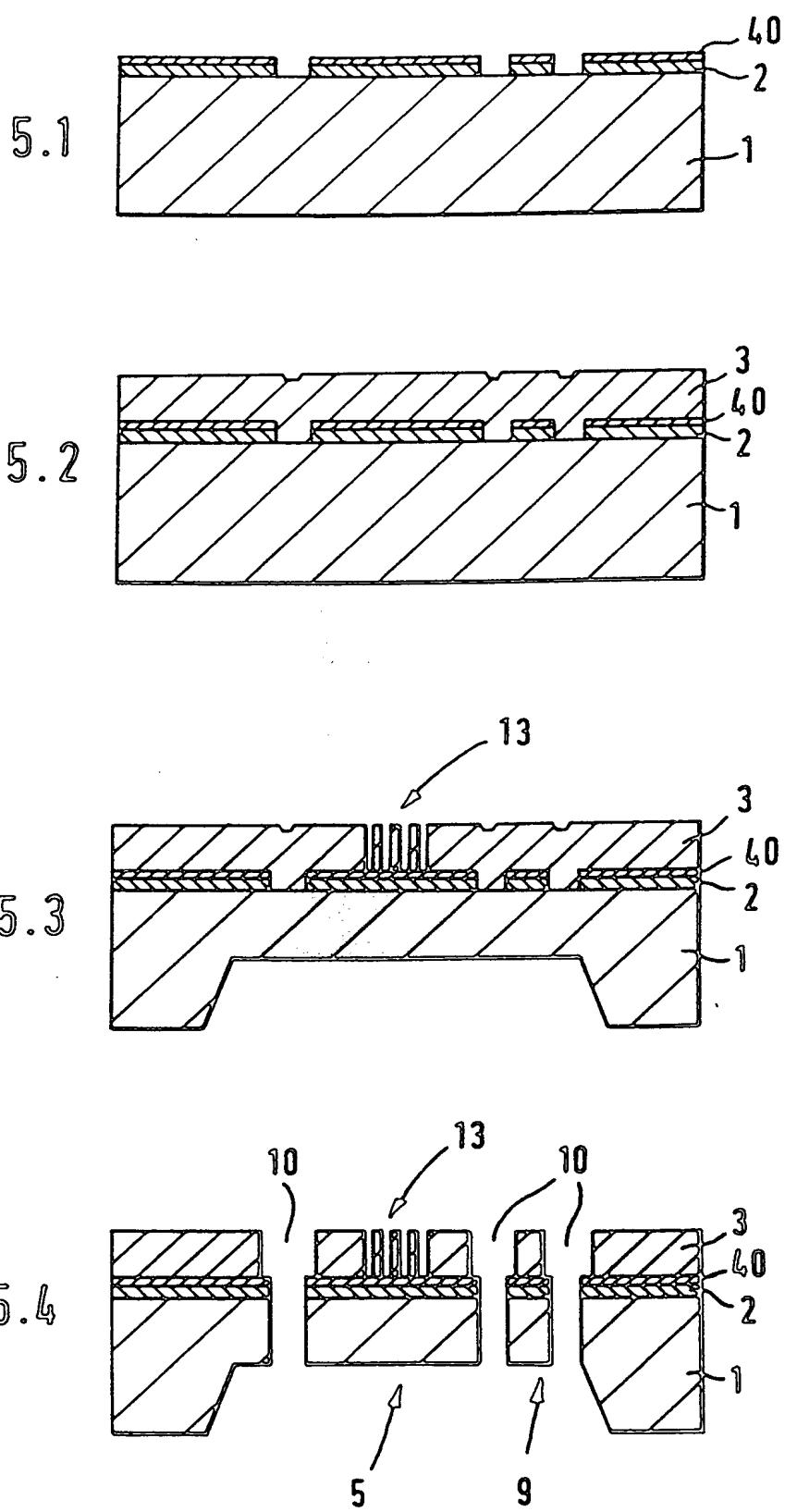


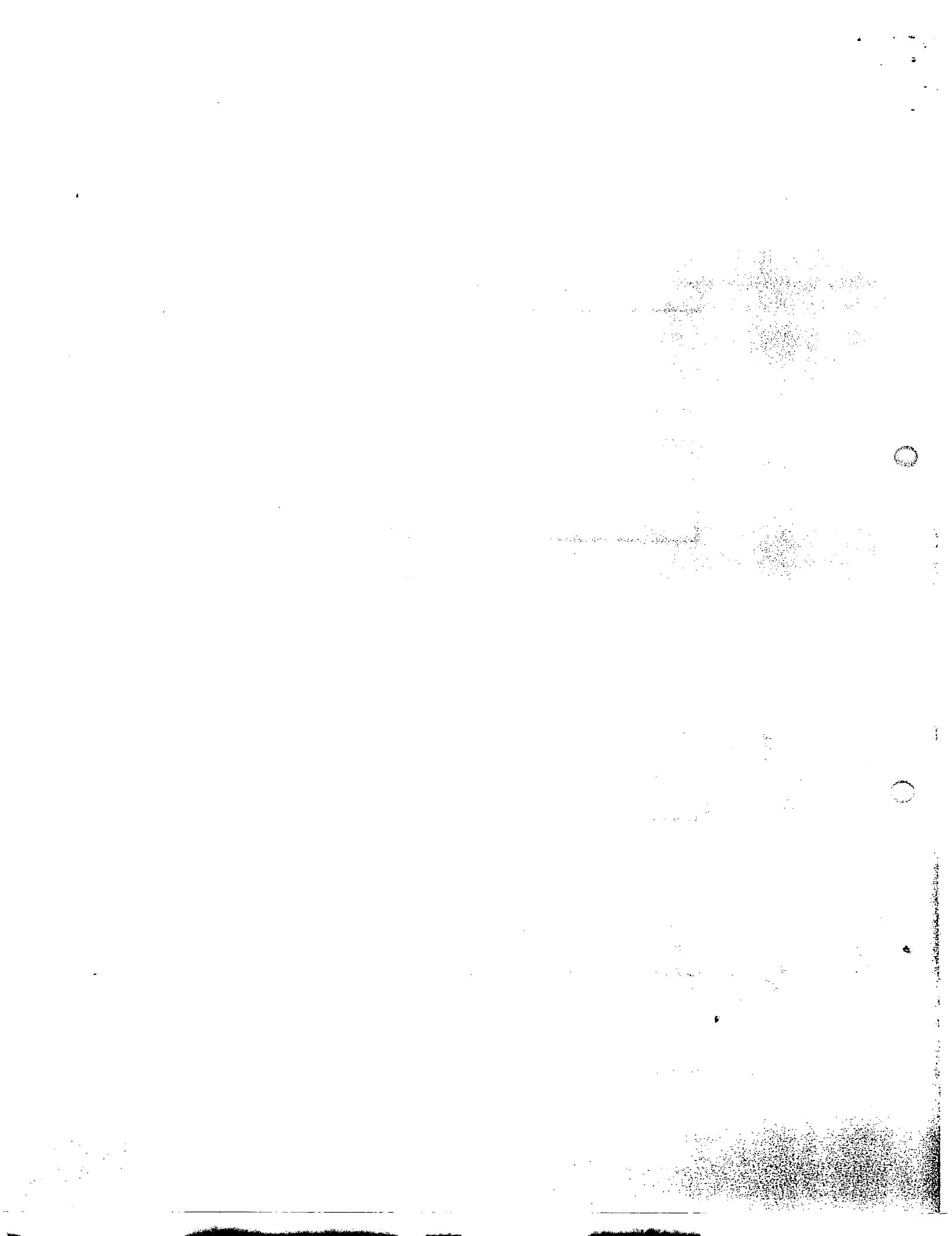












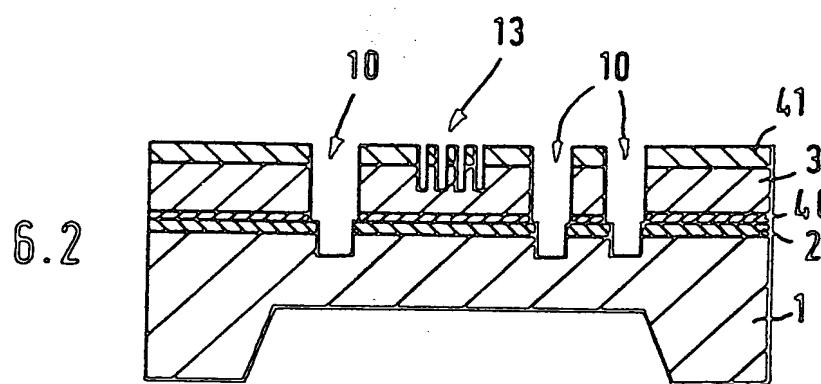
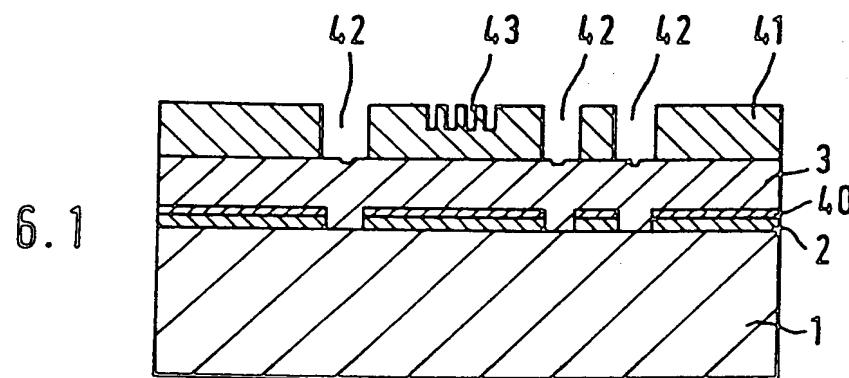


FIG. 6

